

# Análisis de la elección de la pierna de ataque predominante en la prueba de 400 m vallas de los XIII Campeonatos del Mundo de Atletismo Daegu 2011

*Analysis of the Choice of the Predominant Lead Leg in the 400 m Hurdles at the 13<sup>th</sup> World Athletics Championships Daegu 2011*

**JOSÉ LUIS LÓPEZ DEL AMO**

Universitat de Vic (GREAF) - Fundació CIDIDA (España)

**ADRIÁN GARCÍA FRESNADA**

Universitat de Barcelona - Fundació CIDIDA (España)

**CARLOS ALBERTO CORDENTE MARTÍNEZ**

Universidad Politécnica de Madrid - INEF (España)

**ANTONIO MONTOTO VIECO**

**PABLO GONZÁLEZ MIGUEL**

Universitat de València (España)

**Correspondencia con autor**

José Luis López del Amo

jl.lopez@uvic.cat

## Resumen

**Objetivos:** Analizar la utilización de una u otra pierna como pierna de ataque predominante en atletas de 400 m vallas de alto nivel. **Método:** El estudio es descriptivo de corte transversal. Se estudiaron todas las carreras de 400 m vallas de los 72 participantes (34 hombres y 38 mujeres) en los XIII Campeonatos del Mundo de Atletismo Daegu 2011, mediante la grabación en video desde la tribuna principal del Daegu Stadium de las 18 carreras de 400 m vallas disputadas, y el posterior análisis mediante la aplicación informática Kinovea 0.8.4. **Resultados:** Por atletas, en el total de las carreras masculinas, la pierna de ataque predominante fue la izquierda con un 63,6 % (42 atletas) y con la pierna derecha hubo un 34,8 % (23 atletas). Solo en un caso había un equilibrio entre izquierda y derecha. En la final hubo un 75 % (6 atletas) cuya pierna predominante de ataque fue la izquierda. En cuanto a las mujeres, la pierna de ataque predominante fue la izquierda con un 48,6 % seguida de la pierna derecha con un 41,4 % y para el 10 % había un equilibrio de las dos. En la final, en cambio, la pierna predominante de ataque fue la derecha con un 87,5 % (7 atletas) por un 12,5 % de la izquierda (1 sola atleta). Se encontraron diferencias significativas ( $p = 0,018$ ) en la media de tiempo final de los atletas masculinos según cual fuera su pierna de ataque. **Conclusiones:** La mayoría de los atletas atacan las vallas con derecha e izquierda en algún momento de la carrera, lo que obliga al dominio técnico bilateral. La pierna de ataque más utilizada es la izquierda, aunque en menor medida en el caso de las mujeres. Por primera vez en una gran competición, 7 de las 8 finalistas tienen la pierna derecha como pierna predominante.

**Palabras clave:** atletismo, 400 m vallas, estructura rítmica, pierna de ataque, biomecánica

## Abstract

*Analysis of the Choice of the Predominant Lead Leg in the 400 m Hurdles at the 13<sup>th</sup> World Athletics Championships Daegu 2011*

**Objectives:** to analyse use of either leg as the predominant lead leg by high level 400 m hurdlers. **Method:** this is a cross-sectional descriptive study. We studied all the 400 m hurdles races of the 72 participants (34 men and 38 women) at the 13th World Athletics Championships Daegu 2011 by recording video from the Daegu Stadium grandstand of the eighteen 400 m hurdles races run and subsequently performing analysis using the Kinovea 0.8.4 computer application. **Results:** by athletes, in the total men's races the predominant lead leg was the left one at 63.6% (42 athletes) while it was the right leg in 34.8% of cases (23 athletes). Only in one case was there a balance between left and right. In the final the predominant lead leg for 75% or 6 of the athletes was the left one. As for women, the predominant lead leg was the left one at 48.6% followed by the right leg at 41.4% and 10% had a balance between the two. In the final, however, the predominant lead leg was the right one at 87.5% (7 athletes) compared to 12.5% for the left leg (just 1 athlete). Significant differences ( $p = 0.018$ ) were found in the mean final time for men athletes depending on which their lead leg was. **Conclusions:** most athletes lead the hurdles with both left and right legs at some point in the race which means they need bilateral technical mastery. The leg most used to lead the hurdles is the left one, albeit to a lesser extent in the case of women. For the first time in a major competition, 7 of the 8 finalists had their right leg as their predominant leg.

**Keywords:** athletics, 400 m hurdles, rhythmic structure, lead leg, biomechanics

## Introducción

Los estudios sobre la prueba de 400 m vallas han sido numerosos en los últimos años, centrándose buena parte de ellos en el análisis de las grandes competiciones (Behm, 1995, 1996, 2000, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2011; Ditroilo & Marini, 2001; Gil, Marín, & Pascua, 2005; Glad & Brüggemann, 1990; Graubner & Nixdorf, 2011; Hommel & Korzewski, 1999; Letzelter, 2004; Martín, 2005; Moriorka, 1997). Estos análisis se han referido fundamentalmente a dos grandes áreas estrechamente relacionadas: la estructura rítmica y la distribución del esfuerzo. La estructura rítmica es básicamente el número de pasos que emplea el atleta entre cada valla, tramos que se denominan unidades rítmicas (Schmolinsky, 1981). Muy relacionado con la estructura rítmica está la elección de pierna de ataque ante cada valla en la carrera, muchas veces determinante en el resultado final.

Cuando un atleta realiza pasos impares entre vallas, mantiene la misma pierna de ataque. En cambio, cuando son pares, está obligado a cambiar de pierna de ataque. Teniendo en cuenta que lo más frecuente es que los atletas utilicen en algún momento de la carrera tanto la pierna derecha como la izquierda para realizar el ataque a la valla, resulta muy importante dominar el paso de la valla con ambas piernas.

Autores como Lindeman (1995) aseguran que lo ideal es mantener siempre un número constante de pasos impares entre cada tramo de vallas a lo largo de toda la carrera, atacando la valla con la pierna izquierda (todos los tramos a 13, 15, 17, etc. pasos). Esta circunstancia permitiría que el corredor pasara la valla por el interior de la calle en las curvas, realizando el menor número de metros posibles. Sin embargo, en la práctica son pocos los atletas que mantienen esta tendencia, condicionados por al efecto de la fatiga, el nivel de rendimiento, el estado de forma o por factores antropométricos, entre otros. Por eso, lo más frecuente es observar otras estrategias en cuanto a la distribución del número de pasos, que habitualmente conllevan un incremento en el número de los mismos entre vallas, realizándose entre 1 y 3 cambios de número de pasos entre vallas a lo largo de la prueba. A partir de ahí, proviniendo de una rítmica impar, encontramos sobre todo dos posibilidades: añadir un paso, lo que significa tener que atacar con la pierna contraria a la que se utilizó en la valla anterior (con un número de pasos pares cada valla se ataca con una pierna diferente), o añadir dos pasos, para seguir atacando con la misma pierna, lo que implicará una pérdida

de velocidad asociada a una reducción de la longitud de zancada. Además, pasar de 13 a 15, o de 15 a 17 pasos, dado que esa reducción de zancada no se hace de forma homogénea y sí a medida que el deportista se aproxima a la siguiente valla, provocará que las últimas zancadas de ese tramo final sean de longitud más reducida. Ello conlleva una gran pérdida de velocidad además de una ruptura del ritmo e incluso un paso de la valla menos eficiente, circunstancia que en momentos de fatiga propios de la prueba, compromete de forma importante el resultado de la carrera. Por ello, esta última posibilidad se emplea con menos frecuencia, al menos voluntariamente.

En la evolución histórica de la prueba de 400 m vallas, en categoría masculina, han ido apareciendo diferentes estrategias rítmicas: ritmo de 15 pasos; ritmo mixto pasándose de 13 a 15 en una misma carrera; utilización de 14 pasos como puente entre los 13 y los 15; correr todas las unidades rítmicas con 13 pasos; e incluso realizar algún tramo entre vallas a 12 pasos (Gil, 1988). Todo ello ha supuesto diferentes necesidades de elección de pierna de ataque a cada valla.

En 1956 el sudafricano Gerhard Potgieter fue el primero que, después de llegar hasta la 5.<sup>a</sup> valla en 13 pasos por unidad rítmica, añadió en las siguientes solo un paso más, realizando así intervalos entre vallas de 14 pasos (Behm, 2006). Hasta entonces no se contemplaba la posibilidad de atacar con una y otra pierna. Pero el gran precursor del ataque ambidiestro, con la utilización de 14 pasos como puente entre los 13 y los 15 fue el ugandés John Akii Bua, campeón olímpico en Munich 1972. Innovó en la rítmica de forma sorprendente, batiendo el récord del mundo (47,82 s) por la calle 1 con 13 pasos hasta la 5.<sup>a</sup> valla, 14 hasta la 9.<sup>a</sup> y finalmente 15 a la 10.<sup>a</sup> En otras carreras también había combinado 13 pasos hasta la 6.<sup>a</sup> y luego 14 en las últimas. De esta forma la amplitud media de zancada disminuyó más suavemente: 2,46 m (13), 2,28 m (14) y 2,13 m (15), aproximadamente. Especialmente a partir de entonces (antes ya se vio algún caso aislado) se empezó a utilizar esa posibilidad de pasos pares, es decir, cambiando de pierna en los ataques. Eso implicaba dominar el ataque a la valla con ambas piernas.

Sabemos que aunque hay atletas que mantienen la misma estructura rítmica a lo largo de la carrera, sin realizar ningún cambio, es decir atacando siempre todas las vallas con la misma pierna, lo ideal sería que el atleta de 400 m vallas dominara indistintamente el paso de las vallas con una u otra pierna. Ello se conseguirá si

desde tempranas edades se ha realizado un buen trabajo ambidiestro de paso de vallas (Behm, 1999).

En este artículo se analizará la elección de pierna de ataque predominante en la prueba de 400 m vallas, en categoría masculina y femenina, de los XIII Campeonatos del Mundo de Atletismo de Daegu 2011.

## Método

### Muestra

La muestra de atletas ( $n = 72$ ) del presente estudio incluye a todos los participantes en la prueba de 400 m vallas del Campeonato del Mundo de Atletismo de Daegu 2011. El 47,2 % eran hombres ( $n = 34$ ) y el 52,8 % mujeres ( $n = 38$ ). La estatura media de los hombres fue de  $183 \pm 6,7$  cm y para las mujeres una media de  $171 \pm 5,9$  cm. La edad media de los hombres fue de  $24,0 \pm 3,5$  años y la de las mujeres de  $24,3 \pm 3,3$  años.

Todos los atletas corrieron en la fase eliminatoria, 48 en semifinales (24 hombres y 24 mujeres) y 16 en las finales por categoría (8 hombres y 8 mujeres). En total se analizaron 136 carreras individuales (48,5 % de hombres y 51,5 % de mujeres). Tanto para hombres como para mujeres, se disputaron 5 carreras eliminatorias, 3 de semifinales y una final, en cada categoría.

### Material

Para la recogida de datos se empleó una cámara de video Panasonic NV-GS90 (MiniDV), con un zoom óptico de 42 aumentos, a una velocidad de 25 imágenes por segundo (fps) y a una resolución de 750x576 píxel en relación de aspecto 16:9. Las filmaciones fueron grabadas en miniDV, en archivos XVID con códec de compresión 4CC. La cámara se ubicó en la tribuna principal del Daegu Stadium (Daegu, Corea del Sur), a la altura de la línea de meta. Durante la grabación, con el fin de facilitar el análisis de los datos, se mantuvieron todos los atletas de cada carrera dentro del cuadro. Como complemento a lo registrado por este procedimiento, se utilizaron las imágenes de televisión cedidas por la International Association of Athletics Federations (IAAF), y realizadas por la Korean Broadcasting System (KBS), con 5 cámaras situadas en diferentes ángulos del estadio.

Todas las imágenes fueron tratadas con la aplicación informática Kinovea 0.8.4 (GPL Versión 2) (Botton, Hautier, & Eclache, 2011), que permitió el análisis de

diversos parámetros, tales como pierna de ataque a la valla, el número de pasos, tiempos parciales en unidades rítmicas, etc.

La forma de realizar el análisis observacional consistió en 4 observaciones independientes por atleta y carrera (pierna de ataque, número de pasos y toma de tiempos), a cargo de 4 observadores experimentados y previamente entrenados de las 4 universidades participantes en el estudio.

### Análisis estadístico

Con la información obtenida de todas las carreras, en este estudio transversal, se cumplimentó una base de datos, que recogía variables referentes a los tiempos, número de pasos, pierna de ataque utilizada así como el tipo de carrera según si era fase eliminatoria, semifinal o final. Asimismo recogía el género del atleta y la estatura.

Se consideró estadísticamente significativo un valor de  $p < 0,05$ . El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el paquete estadístico SPSS versión 15.0 (SPSS Inc. 2006).

Para el análisis de los datos se llevó a cabo un estudio descriptivo de las variables, expresadas como media, mediana (Md), percentiles 25 (P25) y 75 (P75), y desviación estándar (DE) o porcentajes según el tipo de variable. Para la asociación entre variables cuantitativas se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman. Para las variables categóricas, el análisis se realizó mediante el test de la  $\chi^2$  de Pearson. Para aquellas asociaciones entre una variable cuantitativa y otra categórica, los estadísticos utilizados fueron la prueba  $t$  de Student o un análisis de la varianza.

## Resultados

Teniendo en cuenta que el total de participaciones de atletas en la prueba de 400 m vallas del Mundial de Daegu 2011 es de 136 (66 masculinas y 70 femeninas), al no haber ningún abandono, se franquearon 1360 vallas. En la *tabla 1* se muestra la distribución de las vallas atacadas con cada pierna.

Por atletas, en el total de las carreras masculinas, la pierna de ataque predominante fue la izquierda con un 63,6 % (42 atletas) y con la pierna derecha hubo un 34,8 % (23 atletas). Solo en un caso había un equilibrio entre izquierda y derecha (ataque de 5 vallas con cada pierna). En la final hubo un 75 % de los atletas (6 atletas) cuya pierna predominante de ataque fue la izquierda.

		Número de vallas			
		Eliminatorias	Semifinales	Final	Total
Hombres	Pierna derecha	130 (38,24%)	90 (37,50%)	23 (28,75%)	243 (36,82%)
	Pierna izquierda	210 (61,76%)	150 (62,50%)	57 (71,25%)	417 (63,18%)
Mujeres	Pierna derecha	162 (42,63%)	115 (47,92%)	60 (75%)	337 (48,14%)
	Pierna izquierda	218 (57,37%)	125 (52,08%)	20 (25%)	363 (51,86%)
Total		720	480	160	1.360

**Tabla 1**

Distribución del número total de vallas atacadas con cada pierna, diferenciando por eliminatorias, semifinales y final, en hombres y mujeres

En cuanto a las mujeres, la pierna de ataque predominante fue la izquierda con un 48,6 % de las atletas, seguida de la pierna derecha con un 41,4 % y para el 10 % de las atletas había un equilibrio de las dos. En la final, en cambio, la pierna predominante de ataque fue la derecha para un 87,5 % de las atletas (7 atletas) por un 12,5 % de la izquierda (1 sola atleta).

La media de tiempo final para aquellos casos masculinos donde la pierna predominante de ataque fue la izquierda fue de 49,36 s ( $DE = 0,81$ ). Esta marca comparada con la media de tiempo final para los atletas que atacan predominantemente con la pierna derecha, que

fue de 49,92s ( $DE = 1,01$ ), y es estadísticamente significativa ( $p = 0,018$ ).

En categoría femenina, la marca final media de las atletas que atacaron predominantemente con la pierna izquierda fue de 56,52 segundos ( $DE = 2,96$ ), y con la derecha, 55,52 s ( $DE = 1,55$ ). Las que mostraron un equilibrio al 50 % fue de 57,44 segundos ( $DE = 2,39$ ). Las diferencias entre las medias de tiempo final según la pierna de ataque no son estadísticamente significativas.

La estructura rítmica y pierna de ataque ante cada valla de los finalistas en categoría masculina y femenina se pueden ver en las *tablas 2 y 3* respectivamente.

Atleta	Marca	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
Greene	48,26	22 D	14 I	14 D	14 I	14 D	14 I	15 I	15 I	15 I	15 I
Culson	48,44	20 I	13 I	13 I	13 I	13 I	13 I	13 I	13 I	14 D	14 I
Van Zyl	48,80	22 I	14 D	14 I	14 D	14 I	14 D	15 D	15 D	16 I	16 D
Sánchez	48,87	22 D	13 D	13 D	13 D	13 D	14 I	14 D	15 D	15 D	16 I
Fredericks	49,12	22 I	14 D	14 I	14 D	14 I	15 I	15 I	15 I	16 D	16 I
Jackson	49,24	22 I	15 I	15 I	15 I	15 I	15 I	15 I	15 I	15 I	17 I
Taylor	49,31	21 I	13 I	13 I	13 I	13 I	14 D	14 I	15 I	15 I	16 D
Derevyagin	49,32	22 I	15 I	15 I	15 I	15 I	15 I	15 I	15 I	15 I	15 I

**Tabla 2**

Marca final, número de pasos hasta cada una de las vallas por unidades rítmicas y pierna de ataque de los 8 finalistas masculinos

Atleta	Marca	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
Demus	52,47	23 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	16 I	16 D
Walker	52,73	23 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	16 I	16 D	17 I
Antyukh	53,85	22 D	15 D	15 D	15 D	15 D	16 I	16 D	16 I	17 I	17 I
Spencer	54,01	22 I	14 D	14 I	14 D	14 I	15 I	15 I	15 I	16 D	16 I
Rabchenyuk	54,18	23 D	15 D	15 D	15 D	15 D	16 I	16 D	17 D	17 D	17 D
Stambolova	54,23	22 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	16 I	17 I	17 I
Hejnová	54,23	22 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	16 I	16 D
Churakova	55,17	22 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	16 D	15 D	16 I

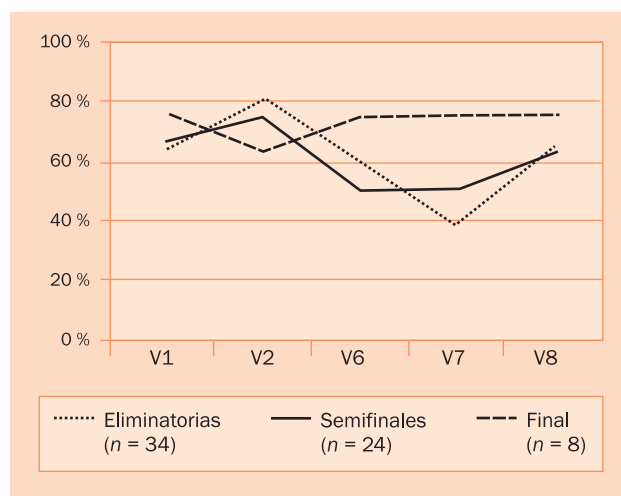
**Tabla 3**

Marca final, número de pasos hasta cada una de las vallas por unidades rítmicas y pierna de ataque de las 8 finalistas femeninas

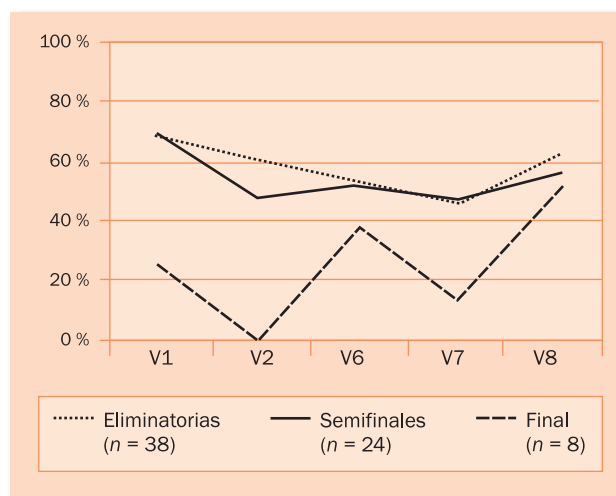
		Valla 1	Valla 2	Valla 6	Valla 7	Valla 8
Hombres	Eliminatorias (n = 34)	22 (64,70 %)	27 (79,41 %)	20 (58,82 %)	13 (38,23 %)	22 (64,70 %)
	Semifinales (n = 24)	16 (66,66 %)	18 (75 %)	12 (50 %)	12 (50 %)	15 (62,50 %)
	Final (n = 8)	6 (75 %)	5 (62,50 %)	6 (75 %)	6 (75 %)	6 (75 %)
	TOTAL (n = 66)	44 (66,66 %)	50 (75,75 %)	38 (57,57 %)	31 (46,96 %)	43 (65,15 %)
Mujeres	Eliminatorias (n = 38)	25 (65,78 %)	22 (57,89 %)	19 (50 %)	17 (44,73 %)	23 (60,52 %)
	Semifinales (n = 24)	16 (66,66 %)	11 (45,83 %)	12 (50 %)	11 (45,83 %)	13 (54,16 %)
	Final (n = 8)	2 (25 %)	0 (0 %)	3 (37,5 %)	1 (12,5 %)	4 (50 %)
	TOTAL (n = 70)	43 (61,42 %)	33 (47,14 %)	34 (48,57 %)	29 (41,42 %)	40 (57,14 %)

**Tabla 4**

Número de atletas que atacan con la pierna izquierda, diferenciándose por vallas (1, 2, 6, 7 y 8) y eliminatorias, semifinales y final, en hombres y mujeres

**Figura 1**

Polígono de frecuencias de atletas masculinos que atacan cada una de las vallas en curva con la pierna izquierda, en eliminatorias, semifinales y final

**Figura 2**

Polígono de frecuencias de atletas femeninas que atacan cada una de las vallas en curva con la pierna izquierda, en eliminatorias, semifinales y final

En cuanto a la pierna de ataque que se utilizó en las curvas, dadas las características de la pista de Daegu, podemos considerar vallas en curva, la 1.<sup>a</sup>, 2.<sup>a</sup>, 6.<sup>a</sup>, 7.<sup>a</sup> y 8.<sup>a</sup>. Por tanto, tramos en curva son de la salida hasta la 2.<sup>a</sup> valla y de la 6.<sup>a</sup> hasta la 8.<sup>a</sup> valla. Lógicamente, debido a la compensación de las calles, no se produce la misma curvatura en cada caso al paso de la misma valla. En la *tabla 4* y las *figuras 1* y *2* se muestra el número de atletas que atacan con la pierna izquierda cada una de las vallas consideradas en curva.

## Discusión

### Pierna de ataque predominante

Los resultados anteriores confirman que la altura de la valla condiciona más en la prueba masculina que la

femenina, dado que aunque en el caso de las chicas haya un mayor equilibrio entre la pierna de ataque predominante (circunstancia que biomecánicamente podría ir en contra del rendimiento, sobre todo si el franqueo de la pierna derecha se realiza en las curvas) no hubo diferencias significativas en los tiempos realizados e incluso el grupo de atletas que tenía como pierna predominante la derecha realizó mejores registros.

Los atletas que atacan predominantemente con la pierna izquierda, tienen una diferencia temporal entre el mejor y el peor tramo entre vallas de 1,07 s ( $DE = 1,85$ ), por 1,12 s ( $DE = 0,30$ ) quienes atacan con la derecha. Estas diferencias no son significativas.

Entre las mujeres, las atletas que atacan predominantemente con la pierna izquierda, tienen una diferencia temporal entre el mejor y el peor tramo entre vallas de



1,35 s ( $DE = 0,37$ ), por 1,26 s ( $DE = 0,20$ ) quienes atacan con la derecha, y 1,32 s ( $DE = 0,26$ ) quienes muestran un equilibrio al 50 %. Estas diferencias tampoco son estadísticamente significativas.

Asociando la lateralidad de las piernas, en categoría masculina comprobamos que los atletas utilizan la misma pierna predominante como pierna del primer ataque y pierna en las curvas.

En categoría femenina, la misma pierna de ataque definida como predominante es la pierna que ataca a la primera valla y la pierna de ataque en las curvas. A destacar las carreras de atletas sin pierna predominante, con equilibrio al 50 % entre ellas (son 6 mujeres en eliminatorias y 1 en semifinales), que utilizan mayoritariamente la izquierda para el primer ataque pero para el ataque en las curvas se equiparan.

Los resultados anteriores están dentro de la normalidad de los últimos campeonatos, excepto la final femenina. Efectivamente, si solo analizáramos esa final y no tuviéramos en cuenta también las carreras femeninas de eliminatorias y semifinales, podríamos pensar que se está dando un cambio de tendencia. De las 6 atletas finalistas con la izquierda como pierna predominante de ataque del Mundial de Berlín 2009, ahora se pasa a solo 1, Kaliese Spencer, que es la única que también utiliza la pierna izquierda para atacar en la primera valla y en las curvas (aunque en semifinales, su pierna predominante fue la derecha). En el Mundial de Osaka 2007 hubo también 6 finalistas que atacaron preferentemente con la izquierda. En los Juegos Olímpicos de Pekín 2008 se dio por primera vez en una gran competición femenina el predominio de finalistas que atacaron preferentemente con la pierna derecha (5 a 3). Por tanto, en la final de Daegu 2011 se superó excepcionalmente esa característica. No obstante, hay que tener en cuenta que dos de las finalistas que atacaron predominantemente con la derecha en la final, lo hicieron con la izquierda en las semifinales.

Tal vez, esa tendencia femenina al ataque con la pierna derecha vine facilitada por la altura de la valla, que al ser bastante más baja genera menos problemas “centrífugos” que la valla masculina. La altura reglamentaria de la valla masculina (0,914 m) representa un 49,94 % de la estatura media de los atletas de la muestra, mientras que la femenina (0,762 m) corresponde a un 44,56 % de la estatura media de las mujeres participantes en este estudio. Esta diferencia entre hombres y mujeres es estadísticamente significativa, lo que corrobora nuestra idea.

### Ataque de las vallas en curva con la pierna izquierda

En global, para la categoría masculina también destacó la pierna izquierda para tomar las curvas (el 63,6 %, 42 atletas) y la primera valla (66,7 %, 44 atletas), mientras que la predominancia femenina de la pierna izquierda en las curvas fue menor (54,3 %, 38 atletas), y también en el ataque a la primera valla (61,4 %, 43 atletas). En la final masculina hubo un 75 % (6 atletas) cuya pierna de ataque predominante en las curvas y en la primera valla fue la izquierda. En cambio, en la final femenina, las mismas 7 atletas (87,5 %) que atacan predominantemente a lo largo de toda la carrera con la pierna derecha, también lo hacen en los tramos en curva y en la primera valla.

En categoría masculina, los tiempos medios de tramos en curva atacados con la izquierda son de 18,33 s ( $DE = 0,34$ ), por 18,57 s ( $DE = 0,33$ ) con la derecha. Aunque las diferencias sean pequeñas, son estadísticamente significativas ( $p = 0,008$ ). En categoría femenina, 21,08 s ( $DE = 1,00$ ) con la pierna izquierda, y 20,67 s ( $DE = 0,59$ ) con la derecha. En este caso no sale significativo, pero se obtiene un p valor de 0,060. Esta ligera mejora de tiempo en el caso de las mujeres atacando en las curvas con la pierna derecha, se debe a la influencia que tiene que la mayoría de las finalistas (la carrera más rápida de las disputadas por ellas) atacaban predominantemente con la pierna derecha.

A pesar de que los atletas de 400 m vallas deben ser preferiblemente ambidiestros, en el caso de las vallas en curva, resulta más recomendable atacar con la pierna izquierda (Lindeman, 1995). Ello se justifica fundamentalmente por dos razones: se puede correr por el interior de la curva y, además, se compensa la inercia o fuerza centrífuga con el movimiento envolvente de la pierna derecha y el adelantamiento del brazo derecho (Gil, 1988). A su vez, la tendencia a seguir la trayectoria rectilínea, como consecuencia de la inercia, se ve incrementada por la rotación-aducción de la pierna izquierda (Gil, 1988). Además, si se corre por el interior de la curva y se ataca con la derecha, la pierna izquierda podría llegar a pasar por fuera de la valla, lo que significaría la descalificación del atleta. Asimismo, un ataque con la derecha en curva podría significar también un contacto de la rodilla izquierda con la valla, lo que para evitarlo supondría una elevación mayor de esa rodilla, con el consiguiente gasto de energía (Boyd, 2000). Por otra parte, si el atleta quiere atacar con la pierna derecha en curva, deberá abrirse hacia el centro de la calle desde los 4 o 5 pasos

anteriores al franqueo de la valla, para luego del aterrizaje buscar nuevamente en 2 o 3 pasos el interior de la curva. Para Lindeman (1995), el hecho de atacar las 5 vallas en curva con la izquierda, puede suponer recorrer un metro menos que hacerlo con la derecha, o un tiempo menor de 12-13 centésimas. Para Behm (1999), la diferencia es de 1,75 m y para Gil (1988), de 3 m.

### La estructura rítmica en el Mundial de Daegu 2011

La elección de la pierna de ataque está muy relacionada con la estructura rítmica. El análisis de todas las carreras de 400 m vallas del Mundial de Daegu 2011 demuestra que no existe un patrón rígido en la estructura rítmica. Así, en hombres se contabilizan 33 estructuras rítmicas (pasos entre vallas) diferentes: 23 en las eliminatorias, 18 en semifinales y 7 en la final. Para las mujeres, 40 estructuras rítmicas diferentes: 29 en eliminatorias, 17 en semifinales y 7 en la final.

Por tanto, observamos que no existe uniformidad y que la mayoría de las estructuras rítmicas son unipersonales. Entre los hombres, en semifinales aparecen 9 estructuras rítmicas no vistas en las eliminatorias y una nueva en la final, utilizada por dos atletas. Entre las mujeres, en semifinales observamos 10 estructuras rítmicas inéditas en eliminatorias y también una nueva en la final.

De los resultados obtenidos, podemos afirmar que la mayoría de los atletas no repiten las estructuras rítmicas de una ronda a la siguiente. Esto puede deberse a que empleen diferentes estrategias en la prueba en función de las exigencias de la misma o que no tengan muy mecanizada su estructura rítmica. Así, en el Mundial de Daegu ninguna mujer finalista repitió el número de pasos entre vallas en las 3 carreras, y solo 2 hombres lo hicieron: Javier Culson y Aleksandr Derevyagin.

### Conclusiones

En la prueba de 400 m vallas del Campeonato del Mundo de Atletismo de Daegu 2011 en un 83,34 % de las participaciones masculinas y en un 95,72 % de las femeninas, los y las atletas atacan las vallas en algún momento con una y otra pierna. Ello corrobora la importancia de saber pasar técnicamente bien las vallas indistintamente con cada pierna en esta especialidad.

Esta conclusión adquiere mayor relevancia al observar que en este Campeonato se vieron 33 estructuras rítmicas diferentes en hombres y 40 en mujeres, no manteniendo la mayoría de los atletas la misma estructura en las 3 carreras. Es decir, los y las atletas deben estar técnicamente preparados para atacar óptimamente las vallas tanto con la pierna derecha como con la izquierda.

Aunque la pierna de ataque predominante fue la izquierda, esa tendencia es menos acusada en las mujeres, lo que se puede deber a la menor altura de su valla reglamentaria y la relación de ésta con la estatura media de las participantes. También son más frecuentes los casos de mujeres con equilibrio de pierna predominante (5 vallas atacadas con cada una) que los hombres. Podemos decir, pues, que las mujeres vallistas de 400 m en el Mundial de Daegu 2011 son más ambidiestras que los hombres.

Se encontraron diferencias significativas ( $p = 0,018$ ) entre la media de tiempo final de los atletas masculinos cuya pierna de ataque predominante es la izquierda con respecto a la derecha.

Por primera vez en una gran competición siete mujeres finalistas tienen como pierna de ataque predominante la derecha, tanto en el total de la carrera como en las vallas en curva y en la primera valla.

En suma, parece evidente que lo importante es lograr que cada atleta corra con su zancada natural y no forzada en cada tramo de la carrera, que estará muy condicionada por el estado de fatiga. De esta manera, será una zancada más funcional y con menor gasto energético. Es decir, hay que adaptar el número de pasos al atleta, y no al revés.

### Referencias

- Behm, J. J. (1995). Colloque Sprint-Haies Poitiers 1995. *AEFA. Revue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme* (140), 40-45.
- Behm, J. J. (1996). Atlanta 1996: 400 m haies. *AEFA. Revue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme* (143), 14-151.
- Behm, J. J. (1999). Spécial haies. *AEFA. Revue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme* (Hors-Série), 50-51.
- Behm, J. J. (2000). Sydney 2000. Compte-rendu du 400 m haies. *AEFA. Revue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme*, 160 (19-21).
- Behm, J. J. (2004). Athènes 2004. Les Haies Basses. *AEFA. Revue de l'Association des Entraîneurs Français d'Athlétisme* (175), 15-18.
- Behm, J. J. (2005). Helsinki 2005. Les Haies. La revanche des lutins. *AEFA. Revue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme* (179), 17-20.

- Behm, J. J. (2006) Le quatrache en grandes foulées. *AEFA. Révue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme* (182), 18-27.
- Behm, J. J. (2007) Osaka 2007. Le quatrache. *AEFA. Révue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme* (187), 29-31.
- Behm, J. J. (2008) Pekin 2008. Le quatrache masculinb - féminin. *AEFA. Révue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme* (191), 21-23.
- Behm, J. J. (2009) Berlin 2009: Le quatrache. *AEFA. Révue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme* (196), 4-8.
- Behm, J. J. (2011) Daegu 2011. Le quatrache. *Démus enfin! AEFA. Révue de l'Amicale des Entraîneurs Français d'Athlétisme* (203), 34-36.
- Botton, F., Hautier, C., & Eclache, J. P. (2011). Energy expenditure during tennis play: A preliminary video analysis and metabolic model approach. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(11), 3022-3028. doi:10.1519/JSC.0b013e318234e613
- Boyd, R. (2000). Some facts about the 400 m hurdles. *Modern Athlete and Coach*, 38(1), 3-6.
- Brüggemann, G., Glad, B. (1990). *Scientific Research Project at the Games of the XXXIV Olympiad Seoul 1988*. IAAF, Supplement. doi:10.2307/3791728
- Ditroilo, M., & Marini, M. (2001). Analysis of the race distribution for male 400 m hurdlers competing at the 2000 Sydney Olympic Games. *New Studies in Athletics*, 16(3), 15-30.
- Gil, F. (1988). *Carreras con vallas. Manual técnico de la Escuela Nacional de Entrenadores*. Madrid: Real Federación Española de Atletismo.
- Gil, F., Marín, J., & Pascua, M. (2005). *Atletismo I. Velocidad, vallas y marcha*. Madrid: Real Federación Española de Atletismo.
- Glad, B., Brüggemann, G.-P. (1990). *Scientific Research project at the Games of the XXIVth Olympiad - Seoul 1988* (pp. 133-175). Mónaco: IAF
- Graubner, R., & Nixdorf, E. (2011). Biomechanical analysis of the sprint and hurdles events at the 2009 IAAF World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, 26(1/2), 19-53.
- Hommel, H., & Koszewski, D. (1999). *Biomechanical Research Project Athens 1997. 400 m Hurdles*. Oxford: Meyer & Meyer Sport.
- Letzelter, H. (2004). Stride pattern in the 400 m hurdles for women. En J. Jarver (Ed.), *The hurdles: Contemporary theory, technique and training* (4.<sup>a</sup> ed.) (pp. 119-124). Mountain View: Tafnews Press.
- Lindeman, R. (1995). 400-meter hurdle theory. *Track Technique* (131), 4169-4171, 4196.
- Martín, J. (2005). Las carreras de vallas en los Juegos Olímpicos de Atenas 2004 [CD]. *Rincón del entrenador* (16). doi:10.4321/S1575-18132005000100003
- Moriorka, Y. (1997). Analysis of the race-patterns of men's 400 m hurdles - the races of the XXVth Olympiad in Atlanta, 1996. *Book of abstracts of XVI International Society of Biomechanics* (p. 207). Tokyo: University of Tokyo.
- Schmolinsky, G. (1981) *Atletismo (Leichtathletik)*. Madrid: Augusto Pila Teleña.